

平成20年2月29日

原子力分科会の間取りまとめ

産学人材育成パートナーシップ
原子力分科会

目 次

1. はじめに

- (1) 背景
- (2) 検討の対象とした人材の範囲
- (3) 産官学の役割分担の明確化の必要性

2. 原子力分野の人材育成の課題

- (1) 原子力分野の人材の見通し
- (2) 求められる人材像
- (3) 大学等の現状と課題

3. これまでの取組及び今後の方向性

- (1) 原子力人材育成プログラムの現状と今後の展開
- (2) 産業界及び研究機関の取組
- (3) 原子力人材育成関係者協議会（原子力分科会）での検討

4. 産学人材育成パートナーシップとして打ち出すべき方向性

- (1) 基盤技術分野の重視
- (2) 国際的な経験を有する人材の育成
- (3) 資格に取得につながる知識を含む大学の授業
- (4) コミュニケーション能力の重要性
- (5) 大学間の施設の共有等の連携の強化
- (6) 学部及び大学院を通じた体系的な原子力教育の重要性
- (7) 研究開発機関との連携による人材育成

1. はじめに

(1) 背景

原子力を巡る状況としては、米国においては1973年のオイルショックの影響による経済の後退と電力需要の伸びの急激な減少を契機として原子力発電所の建設は停滞し、また、1979年の米国スリーマイルアイランド原子力発電所事故、1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故等を契機に、米国に加えその他の国々においても、原子力発電所の建設が停滞した状況がこれまで続いていた。例えば、ドイツ、イタリア等では、原子力発電所を廃止する脱原子力政策を採用し、今のところこの方針を変えていない国も見られる。しかしながら、近年になって、新增設が停滞していた米国やフィンランド等でも、地球温暖化対策やエネルギー安定供給等の観点から、原子力発電所の新増設の再開に向けた動きが見られるようになっており、イギリス政府も、原子力発電所の新規建設（更新）に向けた方針転換を発表した。また、電力需要が急増している中国やインドでは、原子力発電所建設計画の着実な進展が見られ、原子力を見直す動き「原子カルネッサンス」が世界的に進展している。

我が国においては、電力需要の伸びが鈍化したことから、かつての高度経済成長期のような原子力発電所の建設ラッシュは見込めないものの、少ないながらも国内での新規プラント建設は継続しており、また、安全確保を大前提に、我が国の基幹電源として原子力発電の利用を推進し、ウラン資源を最大限活用する核燃料サイクルを確立することが国の方針として位置付けられている。

また、将来的には現在運転中の原子力発電所の更新が必要であり、そのための次世代軽水炉の開発、高速増殖炉（FBR）サイクル技術の確立などの重要な技術課題があることから、原子力分野のエンジニアの活躍の場は益々広がっていくものと考えられる。

更に、我が国原子力産業が国際競争力を維持し、厳しい競争を勝ち抜くためには、先端的な原子力技術を確立し、それを国際標準とすることを目指して、拡大する世界の市場に向けて輸出していくことが必要となる。このため、グローバルに広がった原子力市場の中で活躍できる、質の高い原子力人材が現在以上に求められることになると思われる。

(2) 検討の対象とした人材の範囲

原子力分科会の中間取りまとめでは、大学、大学院、高等専門学校での原子力分野の人材育成に関する課題が顕在化していることから、大学・大学院等の学生を対象とした人材育成を検討の対象とした。原子力産業界や安全規制行政に携わる人材の企業等の組織内部での育成については、今回の中間取りまとめの範囲外としている。

また、原子力施設のメンテナンス（点検・保守等）を担う現場の技能者の育成については、産学連携パートナーシップの検討範囲と整合性を図るため、これまでの検討においては、対象としなかった。

（３）産官学の役割分担の明確化の必要性

我が国の産業競争力強化、技術開発力の強化等に貢献できる質の高い人材の育成を実現するためには、産業界、大学、国、研究機関等のそれぞれの主体が、中・長期的な視点に立って、整合性の取れた取組を連携しながら、かつ、継続的に推進する必要がある。

このため、産学人材育成パートナーシップの報告書の作成に当たっては、産官学の役割分担とそれぞれの主体が人材育成に取り組む際の基本方針を明確に示し、各主体が具体的な取組を進めやすいよう配慮することが必要である。

2．原子力分野の人材育成の課題

(1) 原子力分野の人材の見通し

我が国では、今後とも原子力を基幹電源として位置づけており、我が国のエネルギー安全保障の観点からは、資源の確保のみならず、我が国独自の原子力発電技術や産業の維持・発展を図っていくことが重要である。原子力発電技術や産業の維持・発展は、基本的には実際のプラント建設・運転及びこれに向けた開発プロジェクトの実施を通じてのみ実現できるものである。

今後 20～30 年にわたり、国内における原子力発電所の新規建設は低迷する見込みである。また、メーカーの売上高も急激に落ち込んでおり、原子力関係の研究費や技術者数も減少してきている。その一方で、2030 年前後からは、現在稼働中の原子力発電所の大規模な代替建設需要が発生する見込みであり、それまでの間、原子力分野の技術・産業・人材の厚みを維持・発展できるかどうかという深刻な課題に現在直面している。

実際、米国においては、1970 年代以降、原子力発電所の新規建設が 20 年以上途切れていたために、技術やノウハウ等の維持・継承が難しくなり、技術・産業・人材面での厚みが大幅に縮小してしまった。

更に、海外の原子力市場の急速な拡大、及び原子力関連産業のグローバル化に伴い、様々な国における原子力発電所の建設に参画できるかどうか、原子力産業の生き残りのカギとなりつつある。このため、将来を待たずして、原子力産業界に質の高い原子力人材を供給する必要性が生じることも見込まれる。

(2) 求められる人材像

求められる学生（卒業生）像

原子力関連産業で、技術者として活躍するためには、大学において、原子力の基礎知識（炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等）や、電機、機械、化学、土木、建築などの特定の専門分野に関する知識に加え、それらの知識を有効に活用する汎用的能力が求められる。

産業界においては、立地地域の社会との橋渡しや国際的なビジネスに必要なコミュニケーション能力、特定の専門分野に軸足を持ちつつ原子力プラント全体を俯瞰できる能力、原子力に関する法律や倫理についての知識、マニュアルのない新しい技術領域に取り組むための応用力などが求められる。実際に仕事に参加するに当たっては、ものづくりへの関心、仕事への熱意、責任感、探求心なども重要となる。

また、近年、世界各国で原子力発電を推進する動きが高まる中で、原子力関連産業の市場は急速にグローバル化しており、原子力関連産業が海外

において事業展開するなど、国際化が進んでいる。このため、グローバルな感覚を持ち、文化的背景や言語の異なるスタッフとチームを組んで仕事をして行ける人材も求められている。

大学においては、それぞれの教育目的に応じて上述の求められる能力や知識を備えた人材の育成を目指し、産業界においては、能力及び適性等に応じて人材を活用・育成していくことが重要となる。

求められる大学の研究者像

原子力産業の着実な発展に不可欠な原子力を支える基盤技術分野¹の大学研究者が高齢化していることも懸念されている。このため、原子力関連産業との技術的な協力を通じて原子力の安全性や経済性の向上に貢献したり、国における規格・基準の検討に貢献したりすることが可能で、原子力の技術全般についても一定程度の知見を有する大学の研究者が必要とされている。

また、地質学などの分野についても現在以上の数の研究者が必要との指摘もある。

- 1 「基盤技術分野」・・・構造強度（耐震性評価を含む）、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体・振動、放射線安全の6分野。

(3) 大学等の現状と課題

教育環境の現状と課題

近年、原子力分野においては、原子力産業の低迷や職業・研究対象としての魅力が乏しいとのイメージから、進学・就職を希望する学生は減少傾向にある。そのため、総じて原子力分野への進学を希望する学生の平均的学力が低下しているという現象が生じている。この現状を踏まえ、大学等の原子力分野に学生が集まるような支援（学生をTAやRAとして雇用し、給与を支給するなど）を幅広く検討する必要がある。

大学等の教育においても、原子力産業が急速にグローバル化する中で、海外研究機関での研究や国際機関でのインターンシップを経験することのニーズが急速に高まっている。

研究環境の現状と課題

近年の急速な技術の高度化に伴い、研究に必要な大学の施設も高度化している。大学のリソースが限られる中で、各大学が特徴のある施設整備を

行うとともに、大学間で施設を共有するなど、効率的な研究環境を整える必要がある。

また、構造強度、材料強度、腐食・物性などの基盤技術分野については、原子力産業界にとって重要であるにもかかわらず、大学としては、競争的資金を獲得しにくいことから、先端分野等へ研究者が移行し、このため、基盤技術分野の研究者の厚みの低下や大学における知見蓄積の希薄化が進み、産業競争力が失われる懸念が生じている。

教科書の著作や、規格基準の策定への参加などが、大学での研究者の評価においてほとんど成果として評価されていないという指摘もある。

研究開発機関の現状と課題

(独)日本原子力研究開発機構をはじめとした研究開発機関についても、近時の独立行政法人化や総人件費改革等を背景として、高速増殖炉(FBR)サイクル技術に関する研究開発などの重点的な投資が行われているプロジェクトを除き、研究開発に費やせる研究費は年々減少しつつある。重点プロジェクトの進展に伴う研究開発要員の確保、技術者の高齢化やそれらのベテラン世代が退職した後の技術の継承について懸念されている現状がある。

また、研究開発機関が有する実際の核燃料物質、研究炉等を用いた様々な研究開発は、座学やシミュレーションでは得られない実践的な人材育成効果が期待できるものであり、従来の連携大学院、共同研究等の連携協力以外にも、これらのリソースを大学等と共有して人材育成に当たるなど、双方の組織の活性化につながりうる新しい仕組み作りが課題となっている。

産業界の現状と課題

産業界において技術者の能力の向上を図るためには、実務経験を通じた人材育成(OJT)や、現場実習や社内技術教育(Off-JT)を通じて実践的能力を磨くことが必要である。また、実務を行う上では、企業の内外の関係者と円滑なコミュニケーションを取ることが重要であるため、専門家に対して自らの考えを説明し、議論する能力に加え、専門知識を持たない人に対してもわかりやすく説明する能力も求められている。

また、国内の原子力関連施設の高経年化に伴い、メンテナンスの重要性が高まっている。人材育成を議論する際には、産業の現場の環境変化を踏まえた検討が必要となっている。

3. これまでの取組及び今後の方向性

(1) 原子力人材育成プログラムの現状と今後の展開

このような原子力分野の人材育成の課題を踏まえ、大学・大学院等における原子力の人材育成の充実を図るため、文部科学省・経済産業省は連携して、平成19年度より「原子力人材育成プログラム」事業を開始した。

なお、各大学・大学院等の特色や、学生の就職先として想定する産業のニーズ、地域の近隣産業・研究施設等のポテンシャル等により、人材育成の在り方は異なるため、提案公募方式により、事業趣旨に相応しい提案を採択（表1：「平成19年度原子力人材育成プログラム」の応募状況・採択結果）。

平成19年度の本事業の概要は、以下のとおりである。

a. 原子力研究促進プログラム（文部科学省）

原子力関係専攻・学科等における、学生の創造性を活かした研究・研修活動の取組みを、講座などの小単位で支援。

b. 原子力研究基盤整備プログラム（文部科学省）

大学院の原子力関係学部等における、ポテンシャルを活かした研究基盤整備に関する意欲的な取組みを支援。

c. 原子力教授人材充実プログラム（文部科学省）

原子力関係専攻・学科における教授人材の質の向上や教授体制の強化を支援。

d. 原子力教育支援プログラム（経済産業省）

大学、大学院、高専において、産業界等の外部の人材育成ニーズやポテンシャルも取り込みつつ、専攻や講座等の新設、既存専攻のカリキュラムの充実を図る取組を支援。

e. チャレンジ原子力体験感プログラム（経済産業省）

大学、大学院、高専の学生が実習を通じて実践的な技術を習得するとともに、原子力産業や研究現場の実態と魅力を知る機会の充実を図るため、大学などの教育研究炉を活用した実践的な実習教育や、研究機関、学会、海外機関のプログラム等を活用したインターンシップ等への旅費を含めた参加費への支援。

f. 原子力の基盤技術分野強化プログラム（経済産業省）

近年、研究活動や研究者の希薄化が懸念される、原子力を支える基盤技術分野（構造強度、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体・振動、放射線安全）において、産業界の参画・ニーズ提示のもと大学で行われる研究プロジェクトに対し、提案公募方式により国が支援。

今後の取組については、平成19年度においては、本プログラムに対して、予想以上の応募件数もあったことから、採択件数を増やすとともに、新たに地域や大学等の特色を踏まえた教育研究を重点化するプログラムを新設し、継続的な大学・大学院等における人材育成・研究活動の充実・強化に向けた取組を支援する。

表1 「平成19年度原子力人材育成プログラム」の応募状況・採択結果

	応募件数		採択件数	
原子力研究促進プログラム（文）	大学	15	大学	6
	高専	10	高専	6
原子力研究基盤整備プログラム（文）	大学	7	大学	3
原子力教授人材充実プログラム（文）	大学	11	大学	4
	高専	4	高専	2
原子力教育支援プログラム（経）	大学	16	大学	5
	高専	2	高専	0
チャレンジ原子力体感プログラム（経）	大学	15	大学	11
原子力の基盤技術分野強化プログラム（経）	大学	30	大学	6
合 計	大学	94	大学	35
	高専	16	高専	8

(2) 産業界及び研究機関の取組

産業界は、カリキュラムや教材の作成、実習・実験に対して原子力産業界が有するインフラの提供、インターンシップの受入れ、講師派遣などの協力を実施している。

また、研究機関も産業界と同様、カリキュラムや教材の作成に当たっての人的協力、研究機関特有な研究炉及び研究施設を用いた実習・実験の受入れ、講師派遣、見学の受け入れなどの協力を実施している。特に、(独)日本原子力研究開発機構は、業務の一つとして人材育成を位置付け、原子力人材育成プロ

グラムの実施に貢献をしている。

(3) 原子力人材育成関係者協議会(原子力分科会)での検討

検討課題の設定及び作業会の設置

「原子力人材育成プログラム」を創設した過程で、中長期的課題についても幅広い検討がなされ、原子力学会、学識経験者、原子力関連メーカーより、「原子力人材育成プログラム」の枠を超えた中長期的課題については、更に詳細な実態の把握、他の施策や様々な制度との関係の調査などについて産学官で検討する場が必要との意見を受けて、自主的に原子力分野の人材育成について関係者が継続的に議論する場として、平成19年9月、「原子力人材育成関係者協議会」(以下、「人材育成協議会」)を(社)日本原子力産業協会に設置した。

また、取り扱う中長期的課題についても多岐にわたるため、課題により個別の作業会を設置して調査・検討を行っている。

主な中長期的課題

- a. 人材育成の中長期的ロードマップやビジョンの作成
- b. 原子力分野の人材需給及び就職状況等に係る定量的分析
- c. 基盤技術分野の研究者の評価に関する課題
- d. 人材育成に関する国際対応について
- e. 原子力専門家人材マップの策定及び人材ニーズに関する情報発信など

現在の検討状況

提起された課題のうち、優先度の高いものから順次検討を進めることとし、現在、人材育成の中長期的ロードマップ策定と原子力分野の人材需給及び就職状況等に係る定量的分析を実施しているところである。

人材育成の中長期的ロードマップ策定

社会の原子力に対する理解と信頼を深めるとともに、原子力立国計画に基づく原子力開発や原子力施設の運用の高度化を達成するため、人材育成の取組についてロードマップを策定するため、産学官各層に対し原子力分野の人材育成の問題点や課題、解決方法等について調査を実施。

原子力分野の人材需給及び就職状況等に係る定量的分析を実施

原子力分野の人材育成のために、その人材の賦存状況や過不足の状況

を把握し、産学相互の促進策を検討するため、原子力関連の電力、メーカー、大学、研究機関などへ原子力技術に従事する人材賦存状況、人材を必要とする分野について調査を実施。

来年度に向けた検討

今年度実施した「人材育成の中長期的ロードマップ策定」と「原子力分野の人材需給及び就職状況等に係る定量的分析」調査を基にビジョンを策定し、具体的な取組を検討する。

4. 産学人材育成パートナーシップとして打ち出すべき方向性

(1) 基盤技術分野の重視

構造強度、材料強度、腐食・物性などの基盤技術分野は、原子力産業界にとって重要であるにもかかわらず、競争的資金を獲得しにくいことから、先端分野等へ研究者が移行。このため、基盤技術分野の研究者の厚みの低下や大学における知見蓄積の希薄化が進み、産業競争力が失われる懸念が生じている。

このため、国は大学が行う基盤技術分野の研究開発に十分な資源配分を行うとともに、大学は、運営費交付金の配分に当たって基盤的技術分野を現在以上に重視すべきである。産業界及び研究開発機関も、様々な活動を通じて大学における当該分野の研究者の育成に貢献することが期待される。また、大学や研究開発機関の研究者の評価に当たっては、産業界との連携、開発した技術の産業界における活用も含めて総合的に行い、産業界のニーズを踏まえた研究を評価する視点を取り入れる必要がある。

(2) 国際的な経験を有する人材の育成

原子力産業界が急速にグローバル化する中で、原子力分野の大学教育において、海外研究機関での研究や国際機関でのインターンシップを経験することのニーズが急速に高まっている。

産業界や研究開発機関の現場においては、単に語学力ができるだけでなく、文化的背景や生活環境が異なる外国人と、チームワークよくビジネスを行うことができる能力も重要である。

このため、大学の授業の一環として、海外で長期間の経験を積むことができるプログラムの充実を図ることが望ましい。

(3) 資格に取得につながる知識を含む大学の授業

産業界において技術者の能力の向上を図るためには、実務に関係する資格につながる知識を身につけることを通じて実践的能力を磨くことも有効である。

大学においても、資格取得に要求されるような実践的内容の授業を受講することができれば、学生の学習意欲及びコンピテンシーの向上が期待でき、卒業後早期に実務に参加できる。

(4) コミュニケーション能力の重要性

産業界で実務を行う中では、企業の内外の関係者と円滑なコミュニケーションを取ることが重要である。専門家に対して自らの考えを説明し、議

論する能力に加え、専門知識を持たない人に対してわかりやすい説明をする能力も求められている。

このため、ディベート、プレゼンテーション等についてこれまで以上に知識や経験を積むことが有効である。

(5) 大学間の施設の共有等の連携の強化

近年の急速な技術の進歩に伴い、大学が有する施設に対する要求事項も高度化しているものの、大学の施設の更新が難しくなっている現状がある。

学生が可能な限り高度な設備を活用し、高いレベルの学習をするためには、大学のリソースが限られる中で、各大学が特徴のある施設整備を行うとともに、大学間で施設を共同利用することによる効率的な人材育成を目指すことが重要である。

また、講義の内容についても、より多くの学生が優れた内容の授業を受けることができるよう、大学間の連携の促進が重要である。

(6) 学部段階における体系的な原子力教育の重要性

我が国の原子力黎明期においては、東京大学など多くの大学において原子力関係学科が設置されたが、大学教育の学際化や大学院への重点化等に伴い、それらの原子力関係学科の多くは他の学科との統合等を行い、全体として、学部段階における原子力に係る体系的な教育は希薄化してしまった。近年、大学において原子力を専門に教育する学科等を新設する動きも見られるが、その多くは大学院段階の専攻である。

近年、知識・技術の高度化に伴い、本格的な専門的知識を身につけるには修士レベルの教育が求められるようになってきており、実情としても、原子力分野に就職する者の多くは修士課程を修了した者となっている。一方、原子力分野に従事する者には、原子力に係る特定の先端技術に対する知識のみではなく、地元地域との橋渡しや国際的なビジネスの際に必要なとされる、原子力に係る基礎知識に裏打ちされたコミュニケーション能力や原子力安全規制に関する知識など、他の分野に比しても特に総合的な能力が求められている。

そのような能力を養成するためには、学部段階における専門基礎教育の充実がなお重要であることから、学部段階における体系的な専門基礎教育の充実を図ることにより、大学院段階における高度な専門教育に至るまでの一貫した人材育成が可能となるであろう。

(7) 研究開発機関との連携による人材育成

核燃料物質、研究炉等を実際に用いた研究開発は、座学やシミュレーションでは得られない実践的な人材育成効果が期待できるものであるが、集中的な研究環境の整備が必要とされる。そのようなホットな研究開発²は日本全国どこでも行いうるものではなく、また、ホットな研究開発を倦厭する風潮も存在し、必ずしも教育現場においてホットな研究開発に触れる機会は十分ではない。

一方、(独)日本原子力研究開発機構をはじめとした原子力関係の研究開発機関が有する数々の研究炉等のホットラボは非常に貴重な教育資源となりうるものであるとともに、それらの機関で経験を積んだ技術者は教育者として大学の現場でも活躍しうる人材である。

以上のように、研究開発機関と大学との連携は、学生に対し有効な教育機会を提供することができる。また、現場の技術者の高齢化が懸念される中、大学、研究開発機関及び産業界が連携することにより、技術の継承にも貢献できると考えられる。

このため、大学、研究開発機関及び産業界の3者が一層の連携を進めることが重要である。

2 「ホットな研究開発」・・・核燃料物質、研究炉等を実際に用いた研究開発。

(以上)